

後方宙返りの男女比較

中 山 彰 規 (中京大学体育学部)

湯 浅 景 元 (♪)

中 山 光 子 (♪)

細 井 輝 男 (中京大学教養学部)

上 田 湧 一 (中京大学体育学部)

斉 藤 昌 久 (♪)

BIOMECHANICAL COMPARISON OF THE BACK SOMERSAULT BETWEEN MALE AND FEMALE GYMNASTS

Akinori NAKAYAMA,
Kagemoto YUASA,
Mitsuko NAKAYAMA,
Teruo HOSOI,
Yuichi UEDA,
Masahisa SAITO

ABSTRACT

The purpose of this study was to compare the back somersault between males and females. Five male and four female college gymnasts, aged 18 to 21, participated in this study as subjects. The movements of the subjects were analyzed by means of 16mm cine-camera. Force applied to the ground were recorded with using a force plateform.

In the male subjects, the horizontal position of the trunk with the face upward was observed before the peak of the flight. Similar results were shown in two of the females. In the remaining subjects of females, however, horizontal position of the trunk was observed often the peak of the flight. The horizontal position of the trunk with the face downward was occurred before landing in the males. In the females, this position was not observed before landing. The vertical displacement of the trochanter major point from the takeoff position to the peak of the flight was much greater in males (57.9cm) than in females (32.0cm). The joint angle of shoulder increased from the maximal flexion of knee joint to the takeoff, and decreased from the takeoff to the peak of

the flight in both males and females. These changes were much more pronounced in males than in females. The angles of elbow, shoulder, hip, and knee joints at the heighest position of the trochanter major point in the flight were much smaller in males than in females. These results indicated that the males performed tucking action than the females. It was suggested that more pronounced tucking action in males decreased the gymnast's moment of inertia and increased his angular velocity related to transverse axis in the flight.

緒 言

後方宙返りは、体操競技の重要な基本運動の1つである。この運動では、跳躍力を得るための踏切り動作と、空中で回転力を得るためのかえ込み動作が重要なポイントになっている。³⁾

バイオメカニクスの面から後方宙返りの分析を行なった研究はいくつか報告されている。たとえば、PayneとBarker¹⁰⁾や菊地⁶⁾らは、フォース・プレートを用いて後方宙返り中に地面に加えられる力変化を測定した。また、GollnicとKarpovich⁴⁾は、膝関節と足関節上にゴニオメー

ターをとりつけて、後方宙返り中の下肢関節角度変化を分析した。しかし、従来の研究では、男子競技者を対象としたものであった。近年、女子においても後方宙返りは、基本動作の1つとなってきた。

そこで本研究では、男子と女子の体操競技者の後方宙返りをバイオメカニクスの面から分析をすることによって、男女の比較を行なうことにした。

方 法

被験者は、体操競技部に所属している体育学

表1 被検者の年令, 身長, 体重, および体操競技経験年数

	Subj.	Age (years)	Height (cm)	Weight (kg)	Experienced age (years)
Male	Kob	21	165.6	57.3	9
	Kin	19	160.7	56.5	7
	Kaw	19	154.4	51.0	7
	Miy	18	169.8	60.6	6
	Wat	21	168.2	58.7	10
Female	Kag	18	156.6	54.3	7
	Nak	21	154.5	54.3	10
	Tok	21	155.8	52.9	10
	Ur a	19	160.0	55.4	8

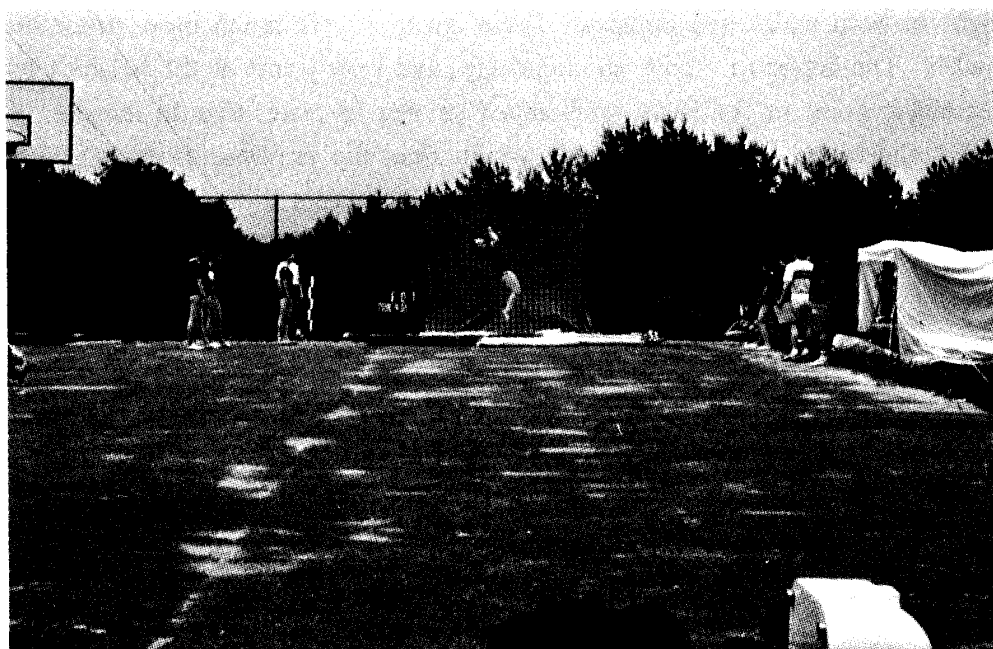


図1 実験風景

部男子学生5名と女子学生4名であった。被検者の年齢、身長、体重および体操競技経験年数を表1に示した。

被検者は、Force Plate上で後方宙返りを行った。そのときの動作を被検者の側方より16mmシネ・カメラ(Milliken DBM-55)で撮影した。フィルム速度は100f.p.s.であった。コマ数の補正のためにコマ数と同じ周期で光を放つパルスジェネレーターを用いた。また、被検者からカメラ・レンズまでの距離は30mであり、カメラ・レンズの高さは1mであった。

Force Plate(縦:75cm, 横:50cm)は、水平方向と垂直方向の力を検出できるものを用いた。Force Plateの回りにラバーを敷き、Force Plateの表面と同じ高さになるようにした。Force Plateで記録した力曲線と16mmフィルムを同期させるために、パルスジェネレーターのパルス入力信号を記録紙にも記録した。

実験風景を図1に、実験場面の模式図を図2に示した。

被検者にはあらかじめ耳珠点、肩峰点、桡骨点、茎骨点、大転子点、脛骨点、外疎点にマークを装着した。

撮影されたフィルムの分析には、NAC スポーツィアス モデル GP2000を用いた。フィル

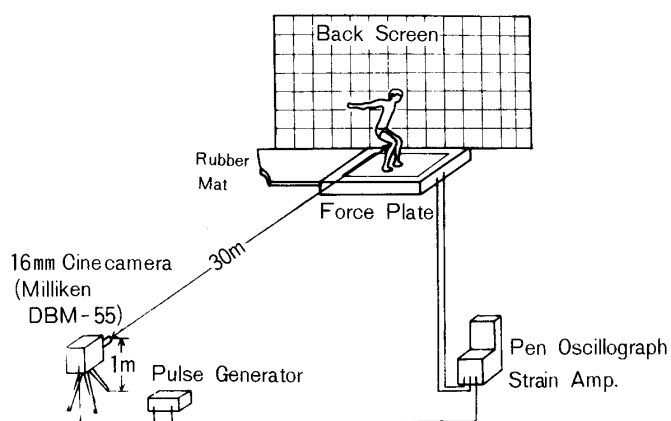
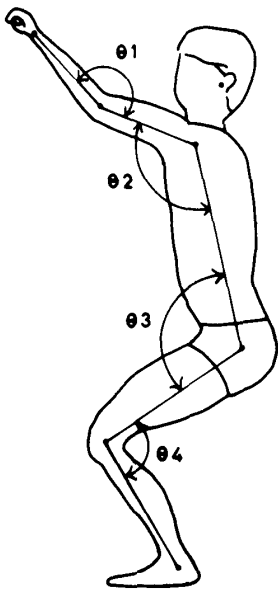


図2 実験場面の模式図

ム分析には、肘関節、肩関節、股関節、膝関節の角度を測定した(図3)

後方宙返りの運動経過を次の7ポイントに区分した(図4)。すなわち、1:膝関節の最大屈曲時点、2:足先の離地瞬間時点、3:背臥位で体幹が水平になった時点、4:大転子点が空中で最高点に達した時点、5:頭部が下を向いて体幹が垂直になった時点、6:腹臥位で体幹が水平になった時点、さらに、7:足先の着地瞬間時点、であった。

本研究では、フィルム分析によって行なった動作分析についてのみ論議をすすめることにした。



θ1 : Angle of Elbow Joint
 θ2 : Angle of Shoulder Joint
 θ3 : Angle of Hip Joint
 θ4 : Angle of Knee Joint

図3 角度測定箇所

結果と論議

離地から空中で大転子点が最高点に達するまでの大転子点の垂直移動距離と、離地から着地までの大転子点および足先の水平移動距離を表2に示した。離地から空中で大転子点が最

表2 大転子の垂直移動距離、足先および大転子点の水平移動距離および垂直と水平移動距離の比率

Phase Compo. Item	3~4*	3* ~ 7*		T . M**
	Vert. Disp. - V 1 -	Hori. Disp. - H 1 -	- H 2 -	
	T . M** [cm]	T . M** [cm]	Toe [cm]	H 1 / V 1 [%]
Male (n = 5)	57.9 (10.9)	46.5 (7.9)	59.0 (16.5)	92.5 (33.5)
Female (n = 4)	32.0 (10.2)	44.4 (2.9)	52.0 (10.0)	149.0 (32.6)
t-test	3.66 P < 0.01	3.63 P < 0.01	non	2.54 P < 0.05

() … S.D.

- * … 3 : Point of the takeoff
 4 : Point of the peak of the flight
 7 : Point of the landing

** … T . M : Trochanter major

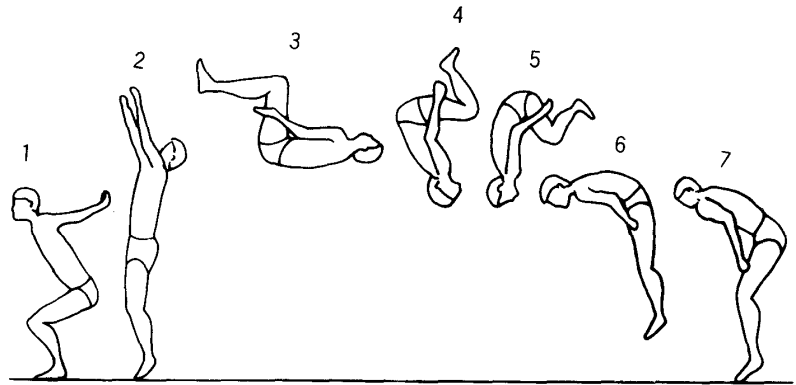


図4 後方宙返りの分析ポイント

高点に達するまでの大転子点の垂直移動距離は、平均すると男子では59.7cm (±10.9cm), 女子では32.2cm (±10.2cm) であった。両者の間には統計的に有意な差がみられた (P < 0.01)。一方、離地から着地までの大転子点と足先の水平移動距離は、いずれの項目とも男女間に有意な差はみられなかった。さらに、大転子点の垂直移動距離に対する水平移動距離の比率を求めたところ、男子では92.5%, 女子では149.0%であった。このことは、男子では水平移動よりも垂直移動の占める割合が、女子に比べて大きいことを示唆していると考えられる。

後方宙返りの運動経過を検討した結果、男子では離地後、約0.2秒で体幹が水平になり、その後大転子点が最高点に達していた。これらは、5名の男子被検者全員にみられた。一方、女子では男子と同様の運動経過を示した者 (Aタイプ) と、大転子点が最高点に達した後体幹が水平になった者 (Bタイプ) が観察された。また、女子では男子でみられたような腹臥位で体幹が水平の姿勢 (6) をとる者はみられなかった。その代表例を図5に示した。

後方宙返り中の肘関節、肩関節、腰関節、お

よび膝関節の角度を測定したところ、男子では5名の被検者とも同様の角度変化を示した。一方、女子では男子と同様の運動経過を示した者（Aタイプ）と、大転子点が最高点に達した後体幹が水平になった者（Bタイプ）とでは、角度変化に差がみられなかった。したがって、男子では被検者Miy, 女子ではAタイプで被検者Tok, Bタイプで被検者Uraを代表例として選び論議を進めることにした。また、時間軸を同一にするために、膝関節の最大屈曲時から着地までの時間を、100%とした相対時間で表わして比較検討した。

被検者Miy, TokおよびUraの後方宙返り中の角度変化を図6と図7に示した。肘関節（ θ_1 ）の角度変化についてみると、3名の被検者とも異った変化を示した。すなわち、大転子点が最高点（3）に達した時点では、男子Miyは肘関節が118度に伸展されていたが、女子UraとTokでは約140度と男子よりも大きな伸展を示した。

垂直跳では、両腕の振込み動作が跳躍高を高めるために効果的であることは、すでに知られている⁹⁾。後方宙返りにおいても跳躍高を得ることが必要であると考えられる。そこで腕の振り動作を表わす肩関節（ θ_2 ）の角度変化についてこれを考察してみた。男子のMiyでは、膝関節の最大屈曲時での82度から離地時での142度まで、約222度の著しい角度変化を示した。一方、女子ではAタイプのTokで105度から145度まで、BタイプのUraは50度から152度までの角度変化を示した。男子では、女子に比べて膝関節の最大屈曲から踏切り直前までの間の腕の振り上げ動作は大きいことが明らかとなった。このことは、男子では女子よりも腕の振込み動作によって得られた運動量を大きくして、跳躍高を高めているものと考えられる。また、女子被検者中

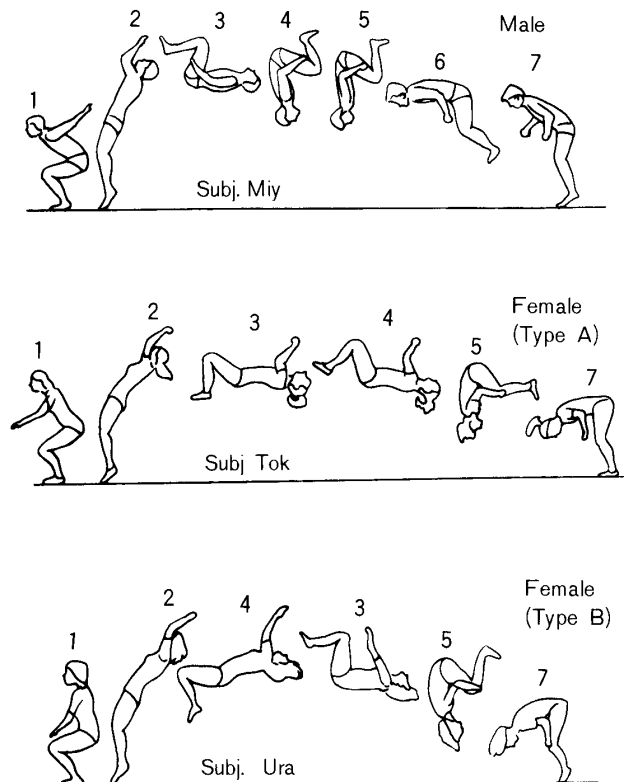


図5 男女の後方宙返りの代表例

のAタイプとBタイプの肩関節角度変化の比較を行なったところ、Aタイプの被検者の方が滞空中の肩関節角度の減少は比較的早くおこっており、男子に近い変化傾向を示した。

腰関節の角度変化についてみると、3名の被検者とも膝関節の最大屈曲（1）から大転子点の最高点（4）までほぼ同じ傾向を示した。しかし、離地（3）での値を見ると、男子被検者Miyでは180度、女子のTokとUraは200度の値を出した。このことは、離地（3）で女子の方が男子よりも体幹の後屈が大きかったことを示していると考えられる。この体幹の後屈は、踏切りにおける力の垂直成分を減少させる要因と考えられる。したがって、男子では女子よりも踏切り時の力の作用方向は垂直に近かったと考えられる。大転子点の最高点（4）での角度（ θ_3 ）は、男子のMiyで62度、女子のTokで

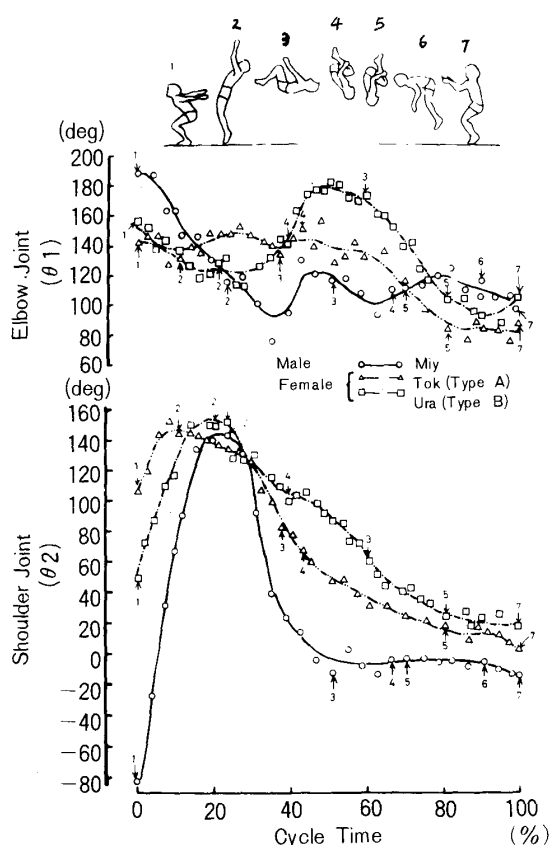


図6 後方宙返り中の肘関節 (θ_1) と肩関節 (θ_2) の角度変化

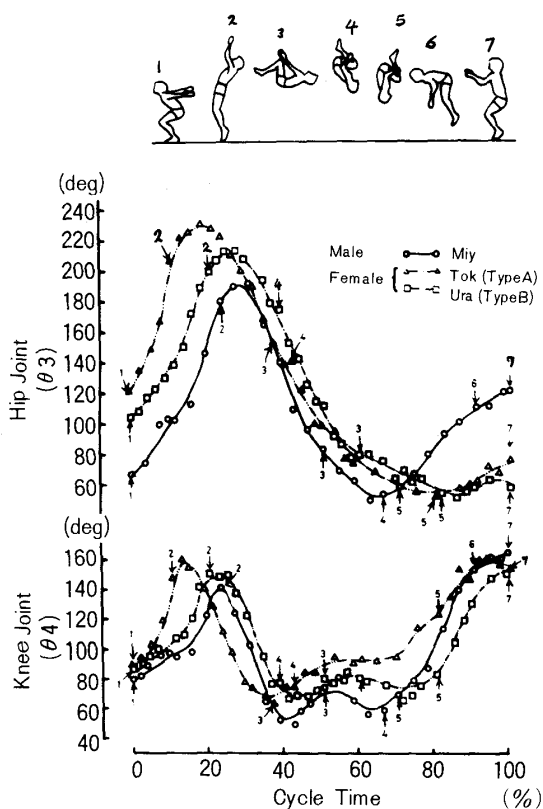


図7 後方宙返り中の腰関節 (θ_3) と膝関節 (θ_4) の角度変化

140度, Ura で80度であった。このことは、女子の2名に比べ男子のMiyのかかえ込みが大きいことを示唆するものと考えられる。かかえ込み動作は、慣性モーメントを小さくし、回転速度を増すための大切な技術であると考えられる。女子で腰関節角度が小さかったことは、かかえ込み動作が不十分であることを示唆しており、このために回転速度は小さくなり十分な回転が得られなかったことが推察される。また、大転子点の最高点(4)から着地(7)にかけて、男子のMiyの腰関節の角度は著しく増加した。このことは、大転子点の最高点までに得られた回転速度をかかえ込みを解くことによって回転を止めて着地しているものと考えられる。

膝関節の角度変化についてみると、離地時では約150度であった。高さをねらいとする垂直跳びでは、踏切り時の膝関節は約180度であることが報告されている¹¹⁾。垂直跳びと同様に高さが演技を成功させる重要な要因である後方宙返りでは、垂直跳よりも膝関節を屈曲した状態で踏切っていることになる。これは、後方宙返りでは、踏切後に下肢を体幹部にひきつけ、回転をおこなう運動をするため予備動作であると考えられる。

要 約

体操競技部に所属している体育学部男子学生5名と女子学生4名を被検者として、Force Plate上で後方宙返りを行なわせ、そのときの動作を16mmフィルム分析法によって分析した。本研究から得られた結果は、次のように要約できる。

1. 後方宙返りの運動経過をみると、女子では2つのタイプがみられた。すなわち、男子と同様に離地後体幹が水平になってから、大転子点が最高点に達するタイプと、大転子点が最高点に達した後体幹が水平になったタイプであった。男子にみられた着地前の腹臥位で体幹が水平になる姿勢は、女子ではみられなかった。

2. 離地から大転子点が最高点に達するまでの大転子点の垂直移動距離は、男子が57.9cm (± 10.9 cm)、女子が32.0cm (± 10.2 cm)であっ

た。両者の間に統計的に有意な差がみられた($P < 0.01$)。一方、離地から着地までの大転子点と足先の水平移動距離は、男女間で有意な差はみられなかった。

3. 肘関節の角度変化についてみると、大転子点が最高点に達した時点で男子が118度、女子が140度であった。

4. 肩関節角度変化は、膝関節の最大屈曲から離地にかけて、男子では-82度から142度まで著しく変化した。女子では約70度から約150度までの変化であった。また、離地から大転子点が最高点に達するまでの間では、男子の方が著しく肩関節角度は減少した。

5. 腰関節角度は、離地から大転子点が最高点に達するまでは、男子の方が小さい値を示した。大転子点が最高点に達した後の腰関節の伸展は男子の方が女子よりも急速におこっていた。

6. 膝関節の角度変化では、離地時の角度が3名の被検者とも約150度を示した。大転子点が最高点に達した時の角度は、男子で58度、女子では約87度であった。

謝 辞

本実験に用いたForce Plateは筑波大学古藤高良教授の後好意により借用したものである。ここに謹んで感謝の意を表します。本研究の分析、データ整理等に御協力して頂いた中京大学体育学部中島芳子さん、ならびに被検者として参加して頂いた中京大学体操競技部員の諸君に記して感謝の意を表します。

引 用 文 献

- (1) 阿江通良, 渋谷侃二, 金原勇, 山口幸雄, 「跳躍の踏切における神経・筋の働き方に関する研究—予備緊張を中心に—」日本バイオメカニクス学会(編), 身体運動の科学Ⅲ, 杏林書院, 1979, pp. 332—345
- (2) Bunn. J. (石河利寛訳), コーチングの科学的原理, ベースボールマガジン社, 1964, pp. 49—50
(Bunn. J. Scientific principles of coaching. Prentice-Hall. Inc. 1955.)
- (3) スモレフスキー, V., クリス, V. (小野耕三訳) 男子床運動, ソ連体操トレーニング・シリーズ 7. ベースボールマガジン社, 1978. pp.12.
- (4) Gollnick. P.D. and Karpovich. P.V. "Electrogoniometric study of locomotion and of some athletic movements." Res. Quart. 35-3 : 357-369 .1964.
- (5) Hay. J.G. The biomechanics of sports techniques. 2nd ed. Prentice-Hall. Inc. Englewood Cliffs. N.J. 1978. pp.295.
- (6) 菊地浩, 「宙返りの踏切に関する研究」, 体育学研究, 13—3 : 184—188, 1969,
- (7) 宮畑虎彦, 猪飼道夫, 石河利寛, 高松三郎, 松井秀治, 小林一敏, 正木健雄, 身体運動の科学, 学芸出版社, 1968. pp.141.
- (8) 前掲書, pp. 143—144.
- (9) 宮畑虎彦, 高木公三郎, 小林一敏, スポーツとキネシオロジー, スポツ科学講座 8. 大修館書店, 1975. pp. 214—215.
- (10) Payne. A.H. and Barker. P. "Comparison of the take-off forces in the flic and the back somersault in gymnastics." P.V. Komi (Ed.). Biomechanics V-B. University Park Press. 1976, pp. 314—321.